

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

KABASAWA

Application No. 09/629,618

Filed: July 31, 2000



Group Art Unit:

Examiner:

Attorney Dkt. No.: P107443-00007

RECEIVED

JAN 03 2001

For: ION IMPLANTATION APPARATUS AND ION IMPLANTATION METHOD

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

January 2, 2001

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign application(s) filed in the following foreign country(ies) is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

**Japanese Patent Application No. 11-216626 filed on July 30, 1999**

In support of this claim, certified copy(ies) of said original foreign application(s) is/are filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these/this document(s).

Please charge any fee deficiency or credit any overpayment with respect to this paper to Deposit Account No. 01-2300.

Respectfully submitted,

David T. Nikaido  
Registration No. 22,663

ARENT FOX KINTNER PLOTKIN & KAHN, PLLC  
1050 Connecticut Avenue, N.W.,  
Suite 600  
Washington, D.C. 20036-5339  
Tel: (202) 857-6000  
Fax: (202) 638-4810  
DTN/hk

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年 7月30日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第216626号

出願人

Applicant(s):

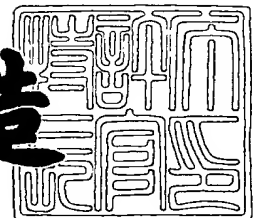
住友イートンノバ株式会社

RECEIVED  
JAN 03 2001  
TECHNOLOGY CENTER 2800

2000年 7月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3058295

【書類名】 特許願

【整理番号】 H-8230

【提出日】 平成11年 7月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01J 37/317

【発明の名称】 イオン注入装置及びイオン注入方法

【請求項の数】 24

【発明者】

    【住所又は居所】 愛媛県東予市今在家 1 5 0 1 番地 住友イートンノバ株式会社愛媛事業所内

    【氏名】 梶澤 光昭

【特許出願人】

    【識別番号】 000183196

    【氏名又は名称】 住友イートンノバ株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100071272

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 後藤 洋介

【選任した代理人】

    【識別番号】 100077838

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 池田 憲保

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 012416

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9404329

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 イオン注入装置及びイオン注入方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 イオンビームを所定経路に沿ってウェハーまで導き、前記イオンビームをウェハーに注入するイオン注入装置において、前記所定経路中の互いに異なる複数の測定位置におけるビームエネルギーを測定する手段と、各測定位置のビームエネルギーから、測定位置間のビーム輸送効率を得る手段と、ウェハーのエネルギーコンタミネーションと前記ビーム輸送効率との間の相関関係を利用して、前記ウェハーにおけるエネルギーコンタミネーションを抑制する手段とを有することを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記イオン注入装置は、ビームの中間収束点または質量分析スリットを有し、前記ビームの中間集束点または質量分析スリットの前後位置を前記測定位置の一つとし、当該測定位置におけるビーム中の中性ビームの成分比率を一定比率以下となるように調整することを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 3】 請求項 2 において、前記相関関係は、ビーム輸送効率とウェハーのエネルギーコンタミネーション量との相関関係の測定データを保持したテーブルに基づいて、算出されることを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、前記相関関係は、反比例の関係にあることを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 5】 請求項 1 において、前記イオン注入装置は、イオン源、アナライザ、イオン減速電極、ウェハー処理室とを備え、前記複数の測定位置は、前記イオン減速電極の後方位置及び前記ウェハー処理室のイオン注入位置であり、これら各測定位置における測定結果から前記ビーム輸送効率を算出することを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 6】 請求項 5 において、前記コンタミネーション量は、前記イオン減速電極における減速率をも考慮して決定されることを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 7】 イオン源と引出電極、質量分析装置と質量分析スリット、ウェハ処理室等を備えるイオン注入装置のイオン注入方法において、ウェハにおけるエネルギーコンタミネーションの目標値を設定しておき、イオンビームのビーム輸送効率を測定すると共に、当該ビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションとの間の相関関係にしたがって、ウェハのエネルギーコンタミネーションを目標値以下にすることを特徴とするイオン注入方法。

【請求項 8】 請求項 7 において、前記イオンビームのビーム輸送効率を測定する一方、ウェハのエネルギーコンタミネーションの目標値を指針として、注入の可否を判断することを特徴とするイオン注入方法。

【請求項 9】 ビーム輸送効率をある値以上として、必要ビームの成分比率精度を向上させ、ビームにおける中性ビームの成分比率を低下させることにより、エネルギーコンタミネーションを目標値以下に抑えることを特徴とするイオン注入方法。

【請求項 10】 イオン源と引出電極、質量分析装置と質量分析スリット、ウェハ処理室等を備えるイオン注入装置において、ビームの中間収束点または質量分析スリットの前後位置におけるビーム中の中性ビームの成分比率を一定比率以下となるよう構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 11】 請求項 10 において、ビームの中間収束点または質量分析スリットの前後位置とウェハの前後位置にそれぞれビーム電流を測定する第一及び第二のファラデイカップを設け、ビームの測定値の差を参照して、ビーム輸送効率の測定を行うことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 12】 請求項 10 において、イオンビームのビームラインに減速装置を設けて、減速装置を用いる減速注入時のビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションの関係に基づいてイオン注入量を制御調節することを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 13】 請求項 12 において、減速装置は減速電極部にて構成するとともに、該減速電極部からウェハまでのビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションの量との反比例関係に基づいて、許容量以上のエネルギーコンタミネーションが発生しないよう構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 において、減速電極部の直後とウェハの直後にファラデイカップを設けて、ウェハへの注入開始前のビーム輸送効率を測定するよう構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 1 5】 請求項 1 1 乃至 1 4 のいずれかにおいて、ビーム輸送効率の測定値とあらかじめ設定してある許容下限値とを比較し、下限を下回る場合は、注入開始しないよう構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 1 6】 請求項 1 0 乃至 1 5 のいずれかにおいて、イオン源とビーム輸送系とをチューニングする手段を備えていることを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 1 7】 請求項 1 0 乃至 1 6 のいずれかにおいて、ビーム輸送効率の測定値とあらかじめ設定してある許容下限値とを比較し、下限を下回る場合は、注入開始しないよう構成し、注入開始しない場合は、エラーメッセージを表示し、自動的にイオン源とビーム輸送系の再チューニングを実施するよう構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 1 8】 請求項 1 0 乃至 1 7 のいずれかにおいて、ビーム輸送系のチューニングの際に、質量分析スリットを可変スリット幅方式として、ビームの調整するよう構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 1 9】 請求項 1 2 乃至 1 7 のいずれかにおいて、質量分析スリットを減速電極兼用としたことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 2 0】 請求項 1 0 において、ビーム輸送系のチューニングの際に、最小幅の質量分析スリットに自動的に切り換え、ビームの軸出しを行うとともに、アナライザーのコイル電流を調整するよう構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 2 1】 請求項 1 2 において、減速電極部の直後に設けられたフラグファラデイと、ウェハディスクの直後に設けられたディスクファラデイとによって、ビーム輸送効率を測定するよう構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 2 2】 請求項 1 0 において、ウェハにビームが当たり始める前にビーム輸送効率の測定を行うよう構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 2 3】 請求項 1 5 において、許容下限値となる規定値を、エネルギーコンタミネーションに対する所望の許容量もしくは各注入レシピに応じて設定可能に構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 2 4】 各イオン種におけるビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションの量との反比例関係に基づく各必要ビーム電流値における測定結果のテーブルを作成し、そのテーブルに基づいた限界ビームビーム輸送効率値を用いて、各必要ビーム電流値におけるイオン注入のエネルギーコンタミネーション調節を行うことができることを特徴とするイオン注入装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、イオン源からのイオンビームをウェハーに注入することができるイオン注入装置及びイオン注入方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

一般に、この種のイオン注入装置は、イオン源、引出電極、質量分析装置、質量分析スリット、加速・減速装置、ウェハ処理室等をビーム輸送系に沿って配置した構成を備えており、半導体等のウェハ（以下、単に、ウェハと呼ぶ）にイオンを注入するのに使用されている。

【0 0 0 3】

最近、半導体装置は、より高密度化、高集積化される傾向にある。このような半導体装置における高集積化を実現するためには、ウェハ内に浅い接合（即ち、シャロウジャンクション）を形成できる技術が必要となっている。このようなシャロウジャンクションを形成するためには、非常に低いエネルギー（5 K e V 未満、特に、1 K e V 以下）で、イオン打込みを行うことができるイオン注入装置が要求されている。

【0 0 0 4】

このように、非常に低いエネルギーのイオンを注入する際、十分なビーム電流を得るために、一旦、高いエネルギーでビームを引き出し、質量分析を行った後



、ウェハの近くでエネルギーを減速電極（以下、ディセルと呼ぶ）を用いて減速する方法が採用されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者等の研究によれば、このような方法により、非常に低いエネルギーでウェハにイオンを注入した場合、目的とするイオン以外のイオンが、ウェハに注入され、ウェハが汚染されるようなコンタミネーションを避けることができないことが判明した。また、このようなコンタミネーションは、ウェハの深い位置まで達することが判明した。

【0006】

このような理由により、シャロウジャンクションを形成するのに適したイオン注入装置は、未だ実用化されていないものと考えられる。

【0007】

本発明の課題は、シャロウジャンクションを形成するのに適したイオン注入装置を提供することである。

【0008】

本発明の他の課題は、エネルギーコンタミネーションの発生を軽減できるイオン注入装置を提供することにある。

【0009】

本発明の更に他の課題は、非常に低いエネルギーのイオンをコンタミネーションを少なくしてウェハに注入できるイオン注入方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の一実施態様によれば、イオン源、引出電極、質量分析装置、質量分析スリット、ウェハ処理室を備えるイオン注入装置において、イオンビームのビーム輸送効率とウェハのエネルギーコンタミネーションとの関係に基づいて、イオン注入を管理するよう構成したイオン注入装置及び注入方法が得られ、これによって、エネルギーコンタミネーションを抑制することができる。

## 【0011】

また、本発明の他の実施態様に係るイオン注入装置は、イオンビームのビームラインに減速装置を設けて、減速装置を用いる減速注入時に、ビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションの関係に基づいて注入を管理するように構成されている。この場合、減速装置は、減速電極部にて構成するとともに、減速電極部からウェハまでのビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションの量との反比例関係に基づいて、許容量以上のエネルギーコンタミネーションが発生しないよう構成できる。上記したビーム輸送効率は、減速電極部の直後とウェハの直後にファラデイカップを設けて、ウェハへの注入開始前に測定される。

## 【0012】

本発明の他の実施態様に係るイオン注入装置は、測定されたビーム輸送効率の測定値とあらかじめ設定してある許容下限値とを比較し、許容下限値を下回る場合には、イオン注入を開始しないように、構成されている。また、イオン源とビーム輸送系のチューニングを行う装置が設けられても良い。

## 【0013】

更に、ビーム輸送効率の測定値とあらかじめ設定してある許容下限値とを比較し、許容下限値を下回る場合は、注入開始しないよう構成し、注入開始しない場合は、エラーメッセージを表示し、自動的にイオン源とビーム輸送系の再チューニングを実施するように、構成されても良い。

## 【0014】

上記したチューニングする装置は、ビーム輸送系のチューニングの際に、質量分析スリットを可変できる可変スリット幅構成を備え、これによって、ビームを調整することができる。また、この場合、質量分析スリットは、減速電極として兼用されても良い。

## 【0015】

一方、ビーム輸送系のチューニングを行う装置は、最小幅の質量分析スリットに自動的に切り換え、ビームの軸出しを行うとともに、アナライザーのコイル電流を調整するように、構成しても良い。

## 【0 0 1 6】

前述したことから明らかな通り、本発明では、ウェハにビームが当たり始める前にビーム輸送効率の測定が行なわれ、許容下限値となる規定値を、エネルギーコンタミネーションに対する所望の許容量もしくは各注入レシピに応じて設定可能に構成される。

## 【0 0 1 7】

## 【発明の実施の形態】

ここで、図 1 を参照して、本発明を適用できるイオン注入装置の概略構成、及び、本発明の原理について説明する。まず、本発明を適用できるイオン注入装置は、イオン源 1 5、引出電極 1 7、質量分析装置 1 6、質量分析スリット 1 1、ウェハ処理室 1 8、フラグファラディ 1 2、ディスクファラディ 1 4 を備え、イオン源 1 5 からビームは所定経路、即ち、ビームラインを通過して、ウェハ処理室 1 8 のイオン注入位置に設けられたウェハ 1 3 に導かれる。

## 【0 0 1 8】

図示されたイオン注入装置の場合、質量分析スリット 1 1 は、ビームを減速するための装置（デイスル）としても使用されている。図からも明らかな通り、フラグファラディ 1 2 は、質量分析スリット 1 1 の後方に設置されており、他方、ディスクファラディ 1 4 はウェハ 1 3 の後方に配置されている。尚、本発明は、減速を行わないイオン注入装置に適用しても、問題となることはない。

## 【0 0 1 9】

質量分析装置 1 6 には、分析電磁石が配置されており、この分析電磁石により、イオン源 1 5 及び引出電極 1 7 によって引き出されたイオンビームは、当該イオン種に応じた軌道に分散されると共に、中間領域 1 9 を通過して、質量分析スリット 1 1 に導かれる。

## 【0 0 2 0】

分析電磁石から質量分析スリット 1 1 までの中間領域 1 9 を通過する際、一部のイオンは、残留ガス分子などとの衝突によって電子を獲得し、中性化する。この中性化したイオンは、減速電界の作用を受けないため、減速されずに高いエネルギーのまま、質量分析スリット 1 1 及びウェハ処理室 1 8 を通過して、ウェハ

1 3 に注入されてしまうことが判明した。この中性化したイオンは、所望のドーパントとは、異なる深さに注入され、この結果、エネルギーコンタミネーションを発生させることが、確認された。

【 0 0 2 1 】

特に、予定より深く注入される中性化したイオンは、シャロウジャンクションの形成には、有害である。より具体的に言えば、大量のエネルギーコンタミネーションが発生すると、接合の深さがコンタミネーション成分によって決まってしまうため、極低エネルギーで浅く注入していても、コンタミネーションによる深い接合が優先してしまい、浅く注入していることにならないことが判明した。

【 0 0 2 2 】

エネルギーコンタミネーションの許容量は、半導体デバイスの構造や製造プロセスに依存するため、一概には言えないが、現状では数%以下程度が上限であると、予測される。

【 0 0 2 3 】

通常、このエネルギーコンタミネーションの発生量は、分析電磁石から質量分析スリット、即ち、減速電極部（ディセル） 1 1 までの距離と、その区間の真空度に依存すると考えられてきた。

【 0 0 2 4 】

しかし、本発明者等の実験によれば、エネルギーコンタミネーションの発生量は、ディセル 1 1 以後のビームの輸送効率と相関関係があることが判明した。これは、エネルギーコンタミネーションの量が、減速後のビームの走行距離、減速後のチャージアップの度合い、減速時の収束一発散作用、イオン源と分析電磁石のチューニングなどに大きく依存することによることを示している。

【 0 0 2 5 】

従って、エネルギーコンタミネーションの量は、ビームのチューニングを行う度に変化すると考えられる。

【 0 0 2 6 】

従来、注入時にエネルギーコンタミネーション量と、ビームの輸送効率との関係については、何等、考慮されていないため、エネルギーコンタミネーションを

予め予測することは、實際上不可能である。このため、イオン注入されるべき複数のウェハ中に、コンタミネーションをモニターするためのモニターウェハを混ぜて、測定から分析まで日数をかけて行い、実際のイオン注入プロファイルを実測する手法が採用されている。しかし、この手法により、実際に、不具合が発見されるまで、相当量のウェハに対するイオン注入処理が終わるため、ウェハの損失が多くなってしまおうと言う欠点がある。

## 【 0 0 2 7 】

本発明の原理は、ディセル 1 1 以降のビームの輸送効率とエネルギーコンタミネーションとの相互関係を予め算出しておき、ビームの輸送効率を制御することによって、エネルギーコンタミネーションの発生を軽減することにある。

## 【 0 0 2 8 】

図 2 を参照すると、本発明の一実施形態に係るイオン注入装置が示されている。図 2 に示されたイオン注入装置は、図 1 と同様に、イオン源 1 5、引出電極 1 7、質量分析装置（分析用電磁石） 1 6、質量分析スリット 1 1、ウェハ処理室 1 8 を備えている。中間領域 1 9 には、ビームパイプ 2 1、2 2 が配置されており、且つ、ビームを減速させる減速装置（ディセル） 1 1 も配置されている。ディセル 1 1 は、質量分析スリット 2 3、減速電極 2 4 を備え、減速電極 2 4 の直後には、図 1 と同様に、第一の測定体としてフラグファラディ 1 2 が設置される一方、複数のウェハ 1 3 を搭載したウェハディスクの後方には、第二の測定体としてディスクファラディ 1 4 が設置されている。図示された例では、イオン源 1 5 からのイオンビームは、所定経路、即ち、所定のビームライン 3 0 に沿ってウェハ処理室 1 8 内のウェハ 1 3 上に導かれる。

## 【 0 0 2 9 】

図 2 に示すイオン注入装置において、イオン源 1 5 から  $n \text{ KeV}$  のボロンビームを引き出し、このボロンビームを 10 分の 1 ( $n / 10 \text{ KeV}$ ) に、減速電極 2 4 により減速して、シリコンウェハ 1 3 に注入した場合について考慮する。図 3 を参照すると、この場合における SIMS によるウェハ 1 3 の典型的な測定結果をあらわすプロファイルが示されている。

## 【 0 0 3 0 】

図 3 から明らかな通り、図示された減速注入のプロファイルは、 $n/10\text{ KeV}$ の成分と、コンタミネーション成分である  $n\text{ KeV}$ の成分に分離できることが分かる。また、コンタミネーション成分は、目的のドーパント成分とウェハの浅い位置において重なっており、且つ、ドーパント成分に比較して、ウェハの深い位置まで達していることが分かる。

## 【 0 0 3 1 】

本発明では、エネルギーコンタミネーション成分と、減速電極部（ディセル）11 からウェハまでのビーム輸送効率とが、相互に関連していることを見出し、ビーム輸送効率がさまざまな場合に対して、このようなプロファイル測定と成分分離を実施した。

## 【 0 0 3 2 】

その結果、図 4 に示すビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションの関係が得られた。図 4 では、横軸にビーム輸送効率の逆数、縦軸にエネルギーコンタミネーションの割合（％）を取った場合の関係を示しており、図からも明らかなように、ビーム輸送効率の逆数とエネルギーコンタミネーションの割合との間には、非常に強い相関があることが分かる。ここでは、ビーム輸送効率の逆数を取ったが、ビーム輸送効率自体を採用した場合には、当該ビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションとの間には、反比例の相関関係があることは言うまでもない。

## 【 0 0 3 3 】

尚、図 4 では、図 2 のフラグファラディ 1 2 の測定結果をディスクファラディ 1 4 の測定結果によって除算した結果をビーム輸送効率として示している。

## 【 0 0 3 4 】

本発明者等の研究によれば、エネルギーコンタミネーション成分は、主として質量分析装置 1 6 であるアナライザーの出口から、質量分析スリットまたは質量分析スリットを含むディセル電極部 1 1 までの直線区間で、イオンが中性化することによって発生する。

【 0 0 3 5 】

ここで、この区間を通過するイオンビームの電流値を $I_{i0}$ 、中性化したイオンビームを $I_{N0}$ とする。中性化率があまり大きくないとき、中性化するビーム量は、元のイオンビームの量に比例する。

【 0 0 3 6 】

$$I_{N0} = \alpha I_{i0} \quad (1)$$

比例係数 $\alpha$ は、中性化率であり、原理的には、この区間の長さ、真空度、残留ガス種、ビームイオン種、及び、ビームエネルギーに依存する。

【 0 0 3 7 】

これらのビームが、ウェハに注入されるとき電流値を、それぞれ $I_{iD}$ 、 $I_{ND}$ とすると、エネルギーコンタミネーションの割合は、次の式で定義される。

【 0 0 3 8 】

$$C_{Ene} = I_{ND} / I_{iD} \quad (2)$$

中性化したビームのディスクファラディまでの輸送効率を $\varepsilon_N$ とすると、 $I_{N0}$ と $I_{ND}$ との関係は、次の式で表わされる。

【 0 0 3 9 】

$$I_{ND} = \varepsilon_N I_{N0} \quad (3)$$

これらの関係から、エネルギーコンタミネーション量は、次のように表わされる。

【 0 0 4 0 】

$$C_{Ene} = \alpha \varepsilon_N ( I_{i0} / I_{iD} ) \quad (4)$$

$I_{i0} / I_{iD}$ は、アナライザー出口からウェハまでのビーム輸送効率の逆数である。従って、 $\alpha$ と $\varepsilon_N$ が定数ならば、エネルギーコンタミネーションの割合は、ビーム輸送効率にほぼ反比例する。また、中性化したビームの輸送効率 $\varepsilon_N$ は、ほとんど質量分析スリットであるリゾルピングアパチャーの幅だけで決まり、低エネルギーのビームに対しては、ビームのチューニングに依らない定数となる。以上の事実から、エネルギーコンタミネーションと、アナライザー出口からウェハまでのビーム輸送効率の逆数との、(4)式で表わされる比例性が保証される。

【0 0 4 1】

ビームの測定には、ディセル電極部直後の第一のファラディカップであるフラグファラディ 1 2 でのビーム電流  $I_{iF}$  を用いる。アナライザー出口からフラグファラディ 1 2 までのビーム輸送効率（ほとんどがリゾルピングアパチャーの通過率）を  $\varepsilon_{i1}$  とすると、これらの間の関係は、次の式で表わされる。

【0 0 4 2】

$$I_{iF} = \varepsilon_{i1} I_{i0} \quad (5)$$

また、ウェハに注入されるビーム電流  $I_{iD}$  は、第二のファラディカップであるディスクファラディ 1 4 で測定されるビーム電流に等しい。従って、実際に使われる式は、(4) ではなく次の式となる。

【0 0 4 3】

$$C_{Ene} = (\alpha \varepsilon_N / \varepsilon_{i1}) (I_{iF} / I_{iD}) \quad (6)$$

$I_{iF} / I_{iD}$  はフラグファラディ 1 2 からディスクファラディ 1 4 までのビーム輸送効率の逆数 ( $1 / \varepsilon_{i2}$ ) である。

【0 0 4 4】

(6) 式をコンタミネーション管理に使うためには、 $\varepsilon_{i1}$  が一定とみなされなければならない。しかし、 $\varepsilon_{i1}$  は  $\varepsilon_N$  と異なり、ビームのチューニングに影響されるものである。たとえば、 $I_{iF} / I_{iD}$  を 100% に近づけようとして焦点をぼかすと、リゾルピングアパチャーを通過できるビームが減り、 $\varepsilon_{i1}$  が下がって、予想 ( $\varepsilon_{i1}$  が一定とした場合) よりコンタミネーションが増えることになる。そこで、(6) 式を実際を使用するためには、ビームが質量分析スリットであるリゾルピングアパチャーで常に焦点を結ぶように、チューニングしなければならない。ビームラインの設計は、普通にチューニングすれば、ここで焦点を結ぶようになっているため、 $I_{iF} / I_{iD}$  を上げようとして、チューニングをずらすときがポイントとなる。

【0 0 4 5】

図 4 には、 $C_{Ene}$  と  $I_{iF} / I_{iD}$  の比例関係を示す場合が示されている。この場合、(6) 式によるエネルギーコンタミネーションの管理が可能で、実効エネルギーコンタミネーションを 1 % 以下にするためには、ビーム輸送効率を 5 0 % 以上 (



ビーム輸送効率の逆数を 2) にすれば良いことがわかる。

【0 0 4 6】

(6) 式の  $C_{\text{Ene}}$  は、ディセル注入のデプスプロファイルをドリフト成分（即ち、ドーパント成分）とコンタミネーション成分に分解し、それらの面積比を取って得られるエネルギーコンタミネーションである。しかし、極低エネルギーでは、図 3 に示すように、コンタミネーション成分の浅い部分は、前述したように、ドリフト成分と重なり、実質的に害にならない。

【0 0 4 7】

エネルギーコンタミネーションの指標として使用する実質エネルギーコンタミネーションは、ドリフト成分の濃度が  $X/\text{cm}^2$  になる深さを求め、それより深く注入されているイオンの総数をそれより浅く注入されているイオンの総数で割った値で定義する。この定義によるコンタミネーションは、(6) 式の  $C_{\text{Ene}}$  より必ず少なくなるので、 $C_{\text{Ene}}$  が 1 % 未満になれば、実質コンタミネーションも必ず 1 % 未満になる。つまり、(6) 式による管理は実質エネルギーコンタミネーションに対しても有効である。実質エネルギーコンタミネーションとビーム輸送効率の関係も、(6) 式と同じ比例関係に近づく（(6) 式に漸近する）。

【0 0 4 8】

したがって、エネルギーコンタミネーションを目標値（例として、1 %）以下に抑えるためには、減速電極部 1 1 からウェハ 1 3 までのビーム輸送効率をエネルギーコンタミネーション目標値に対応するビーム輸送効率の相関値（例として、5 0 %）以上にすればよいことが分かる。逆に言えば、ビーム輸送効率がエネルギーコンタミネーション目標値に対応するビーム輸送効率の相関値に満たない場合に、注入インターロックをかけることによって、許容量以上のエネルギーコンタミネーションが入らないようにすることができるのである。

【0 0 4 9】

したがって、ビーム輸送効率をある相関値（例として 5 0 %）以上にすれば、必要ビームの成分比率割合が増加し、ビームにおける中性ビームの成分比率を低下できるから、エネルギーコンタミネーションは目標値（例として 1 %）以下に抑えることができる。

【0050】

ただし、イオン源 1 5、引出電極 1 7、質量分析装置 1 6、質量分析スリット 2 3、ウェハ処理室 1 8等を備えるイオン注入装置において、ビームの中間収束点または質量分析スリット 2 3の前後位置におけるビーム中の中性ビームの成分比率を一定比率以下となるよう構成しておいて、ビーム輸送効率が 1 0 0 %においてはもちろん、ビーム輸送効率をある相関値としたときでもエネルギーコンタミネーションの目標値に対応できるようなビーム中の中性ビームの成分比率以下としておくことが必須の条件となる。

【0051】

図 2 を参照して、このことをより具体的に説明すると、ビームパイプ 2 1・2 2 を有する中間チャンバー 1 9 内に、質量分析スリット 2 3 や減速電極 2 4 から構成される減速電極部 1 1 の直後に第一の測定体であるフラグファラデイ 1 2 を置き、また、ウェハディスクの直後に、第二の測定体であるディスクファラデイ 1 4 を置くことによって、ビーム輸送効率を測定する。それぞれのファラデイカップ 1 2、1 4 で測定したビーム電流値を比較すれば、ビーム輸送効率が求められる。ウェハディスクを図 2 の上下方向に移動させることにより、スキャン走査を行うことができ、この操作により、ウェハディスクをビームライン 3 0 から外れた位置まで移動させておく。

【0052】

この状態では、ウェハ 1 3 にはイオンビームが注入されないから、イオン注入前に、上記した第一、第二の測定体による測定を行い、許容下限値となる規定値（例として、デフォルトは 5 0 %）に達しているかどうか判断して、到達していなければ注入を中止する。規定値は、目標とするエネルギーコンタミネーションに対する許容量に応じて、レシピに応じて設定可能である。なお、輸送効率をファラデイカップを用いる例を示したが、プロファイル線式センサーや、ウェハ面ディスク体からの直接電流検知する方式等、ビーム電流を計測できる方式はどの方法でもよい。

【0053】

イオン源 1 5 とアナライザー 1 6 の再調整によって、ビーム輸送効率は、ある

程度、改善される。そこで、注入中止と同時に、イオン源 1 5 とアナライザーの再調整を要求するメッセージをオペレータインターフェース画面に表示しても良い。

## 【 0 0 5 4 】

減速電極 2 4 は、イオンビームに減速の作用をするもので、質量分析スリット 2 3 の後方もしくは前方に別に設置しても良いし、イオンの質量分析スリット 2 3 を兼ねてもよい。イオンの質量分析スリット 2 3 は、各イオン種に必要な質量分解能に応じて、段階的に開口のスリット幅が自動的に変更されるようになっている。

## 【 0 0 5 5 】

イオンの質量分析スリット 2 3 は、アナライザー 1 6 のコイル電流を振って、ビーム中心軸を合わせるときだけ、自動的にスリット幅を最小とする。

## 【 0 0 5 6 】

ビーム輸送効率の測定と、イオン注入可否の判定は、装置のドーズコントロールプログラムによって、自動的に実行される。このプログラムは、ビーム輸送効率を測定し、レシピのビーム輸送効率下限値を参照して、上回っているかどうか判定する。不足している場合は、イオン注入を開始せず、エラーメッセージを、モニター画面上に表示すれば良い。

## 【 0 0 5 7 】

この場合、オートチューニングのプログラムにリンクして自動的にイオン源 1 5、アナライザーのチューニングを行うことも可能である。

## 【 0 0 5 8 】

減速注入においては、最大幅のスリットを通して注入が行われるが、この方式はビームの中心軸を調整しにくい点が問題となるが、アナライザーのコイル電流を振って、ビーム中心軸を合わせるときだけ、自動的に最小幅にスリットすることによって、ビームの中心軸を調整しながら、ビーム輸送効率を上げることができる。

## 【 0 0 5 9 】

上記したように、本発明では、イオン源、引出電極、質量分析装置、質量分析

スリット、ウェハ処理室等を備えるイオン注入装置において、エネルギーコンタミネーション調節する手法が得られる。具体的には、エネルギーコンタミネーションの調節は、イオンビームのビーム輸送効率とウェハのエネルギーコンタミネーションとの関係に基づいて、イオン注入を管理することによって行われる。

【 0 0 6 0 】

また、イオンビームのビームラインに減速装置を設けて、減速装置を用いる減速注入時に、ビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションの関係に基づいて注入を管理するよう構成しても良い。減速装置は減速電極部にて構成するとともに、減速電極部からウェハまでのビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションの量との反比例関係に基づいて、許容量以上のエネルギーコンタミネーションが発生しないように構成できる。

【 0 0 6 1 】

ビーム輸送効率は、減速電極部の直後とウェハの直後にファラデイカップを設けて、ウェハへの注入開始前に測定される。更に、ビーム輸送効率の測定値とあらかじめ設定してある許容下限値とを比較し、下限を下回る場合は、注入開始しないように構成することも可能である。

【 0 0 6 2 】

イオン源とビーム輸送系を利用して、ビーム輸送効率をチューニングすることもできる。ビーム輸送効率の測定値とあらかじめ設定してある許容下限値とを比較し、下限を下回る場合は、注入開始しないよう構成し、注入開始しない場合は、エラーメッセージを表示し、自動的にイオン源とビーム輸送系の再チューニングを実施しても良い。

【 0 0 6 3 】

ビーム輸送系のチューニングの際に、質量分析スリットを可変スリット幅方式として、ビームを調整することも可能であるし、また、質量分析スリットを減速電極兼用としても良い。

【 0 0 6 4 】

ビーム輸送系のチューニングの際に、最小幅の質量分析スリットに自動的に切り換え、ビームの軸出しを行うとともに、アナライザーのコイル電流を調整して

も良い。

【0 0 6 5】

なお、第一のフラグファラデイは、減速電極部の直後に設けるほか、質量分析スリットの直前や、質量分析の直前又は直後でもよく、ウェハディスクの直後に設けられた第二のディスクファアラデイも、ウェハディスクと同一位置やウェハディスクの直前に設けるよう構成してもよい。

【0 0 6 6】

【発明の作用】

減速電極部 1 1 の直後に第一の測定体であるフラグファラデイ 1 2 を置き、ウェハディスクの直後に第二の測定体であるディスクファアラデイ 1 4 を置くことによって、両測定体間のビーム輸送効率を測定する。それぞれのファラデイカップで測定したビーム電流値を比較すれば、ビーム輸送効率が求められる。この測定は、ウェハディスクをビームラインから外れた位置までずらしておき、この状態で、第一、第二の測定体を用いて、ウェハに対するイオン注入前に行われる。測定の結果、許容下限値となる規定値（例として、デフォルトは 5 0 %）に達しているかどうか判断して、到達していなければ注入を中止する。規定値は、装置使用者のエネルギーコンタミネーションに対する許容量に応じて、レシピに応じて設定可能である。

【0 0 6 7】

イオン源 1 5 とアナライザー 1 6 の再調整によって、ビーム輸送効率は、ある程度改善される。そこで、注入中止と同時に、イオン源とアナライザーの再調整を要求するメッセージをオペレータインターフェース画面に表示する。

【0 0 6 8】

減速電極 2 4 は、イオンビームに減速の作用をするもので、質量分析スリット 2 3 の後方もしくは前方に別に設置しても良いし、イオンの質量分析スリット 2 3 を兼ねてもよい。イオンの質量分析スリット 2 3 は、各イオン種に必要な質量分解能に応じて、段階的に開口のスリット幅が自動的に変更されるようになっている。

【 0 0 6 9 】

イオンの質量分析スリット 2 3 は、アナライザーのコイル電流を振って、ビーム中心軸を合わせるときだけ、自動的にスリット幅を最小とする。

【 0 0 7 0 】

【発明の効果】

本発明によれば、ビームの中間収束点または質量分析スリットの前後位置におけるビーム中の中性ビームの成分比率を一定比率以下となるように調節することができ、これによって、最大エネルギーコンタミネーション量を推定することができる。更に、本発明では、ビームの中間収束点または質量分析スリットの前後位置からウエハまでの輸送効率を測定すれば、実際のエネルギーコンタミネーション量を推定することができ、エネルギーコンタミネーションがコントロールできる。また、減速を行わない装置でも、ビーム輸送効率低下によるスループットの低下を防止することができる。

【 0 0 7 1 】

また、注入時にエネルギーコンタミネーション量をモニターすることができる。

【 0 0 7 2 】

従来エネルギーコンタミネーションコントロールすることは困難であったが、ビーム輸送効率によりその管理を実施でき、ビームの中心軸を調整しながら、ビーム輸送効率を上げることもできる。

【 0 0 7 3 】

本発明では、予定より深く注入されるコンタミネーション成分を軽減できるため、大量のエネルギーコンタミネーション成分の発生を防止できる。したがって、接合の探さがコンタミネーション成分によって決まる不具合を回避できると共に、エネルギーコンタミネーションの許容量を、目標値以下とすることができる。

【 0 0 7 4 】

デイスル以後におけるビームの輸送効率を改善することにより、エネルギーコンタミネーションの量が、減速後のビームの走行距離、減速後のチャージアップ

の度合い、減速時の収束一発散作用、イオン源と分析電磁石のチューニングなどに大きく依存することを利用して、ビームのチューニングを行う度に变化するエネルギーコンタミネーションの量を管理することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用できるイオン注入装置を説明するための概略図である。

【図 2】

本発明の一実施の形態に係るイオン注入装置を示す図である。

【図 3】

減速注入を行った際におけるデプスプロファイルを示した図である。

【図 4】

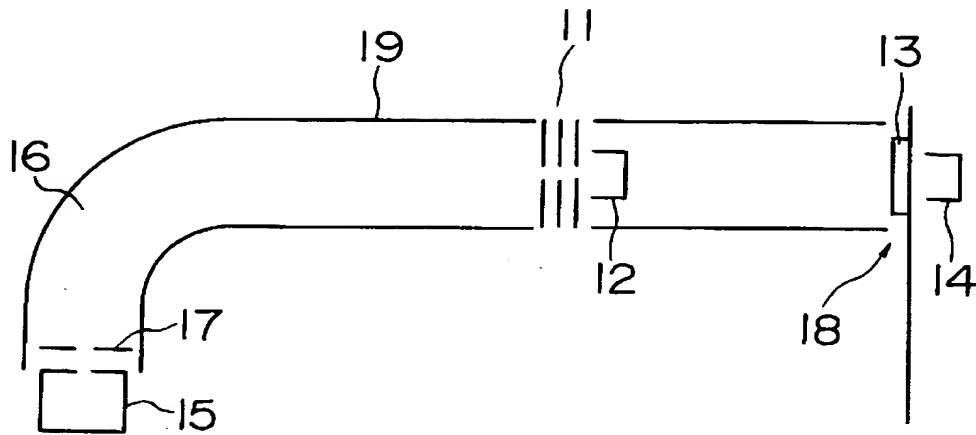
ビーム輸送効率とエネルギーコンタミネーションとの関係を示した図である。

【符号の説明】

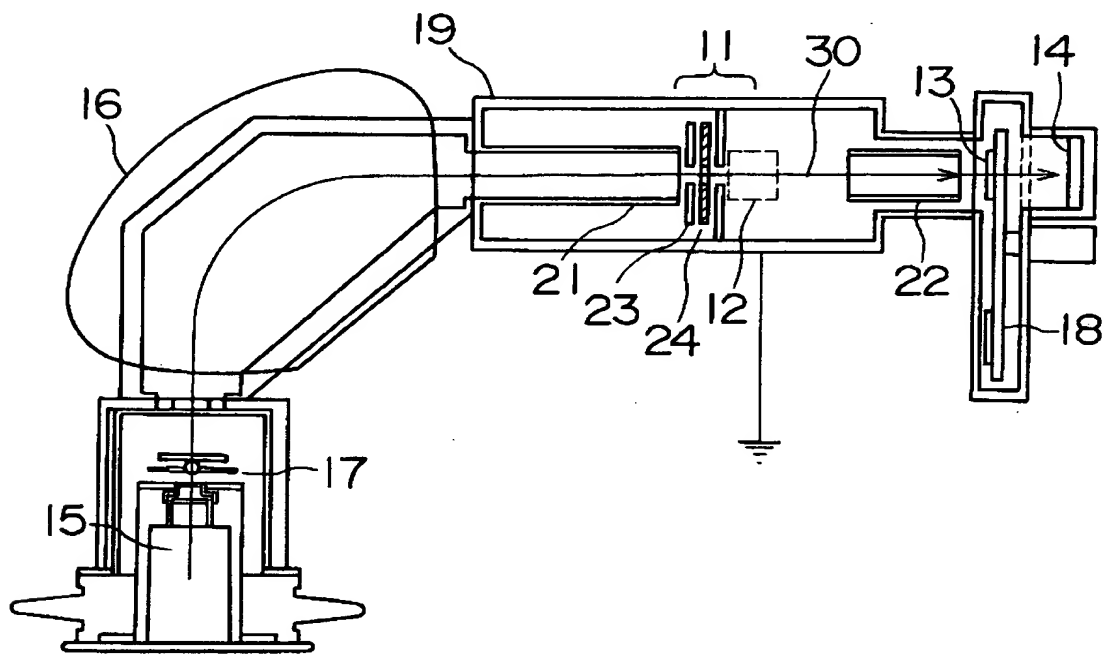
1 1	減速電極部
1 2	フラグファラディ
1 3	ウェハ
1 4	ディスクファラディ
1 5	イオン源
1 6	質量分析装置
1 7	引出電極
1 8	ウェハ処理室
1 9	中間領域
2 1、2 2	ビームパイプ
2 3	質量分析スリット
2 4	減速電極
3 0	ビームライン

【書類名】 図面

【図 1】

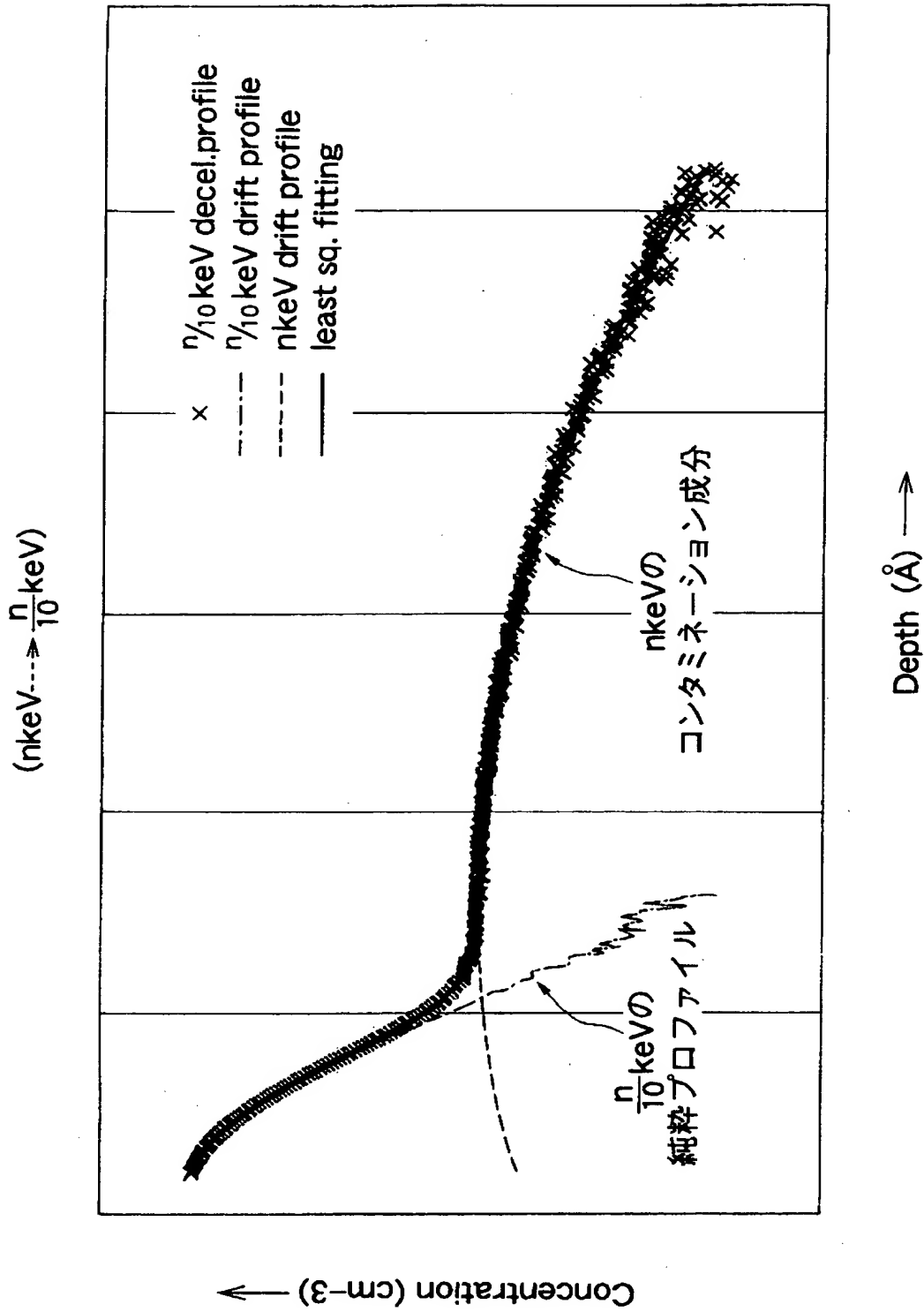


【図 2】

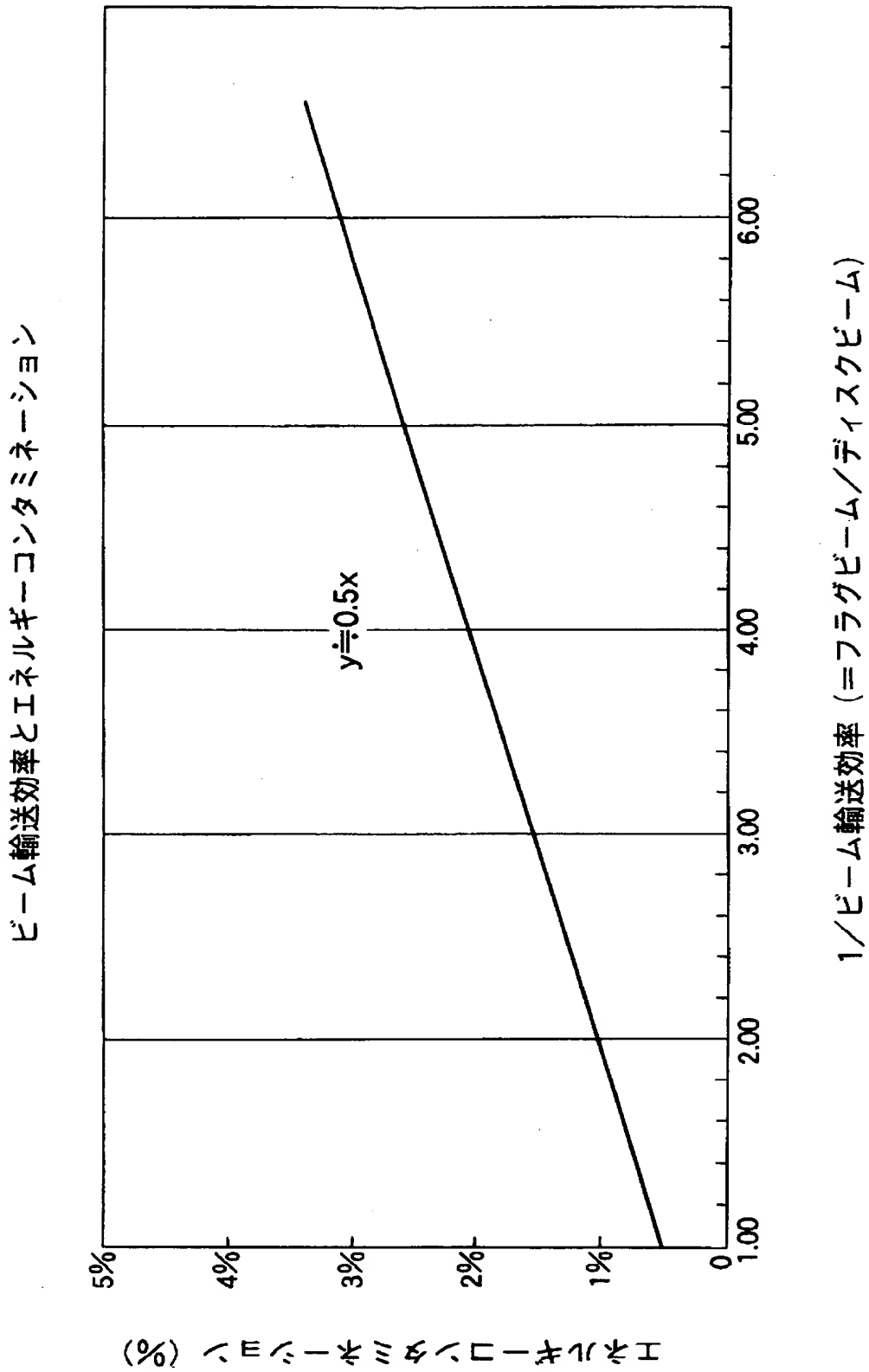




【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 イオン注入装置において、低いエネルギーでイオンをウェハに注入する際に生じるエネルギーコンタミネーションを軽減することである。

【解決手段】 ビームライン上の互いに異なる位置間におけるビーム輸送効率が、ウェハのエネルギーコンタミネーションと互いに関連していることを見出し、エネルギーコンタミネーションが小さくなるように、ビーム輸送効率を調節する。ウェハに対するイオン注入の前に、ビーム輸送効率を各位置におけるビーム電流を測定することによって得られるため、ウェハに実際にイオンを注入する必要がなくなる。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000183196]

1. 変更年月日 1999年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都田無市谷戸町2丁目4番15号  
氏 名 住友イートンノバ株式会社